

между ними; содержание макроэлементов и т. н. эссенциальных микроэлементов должно соответствовать физиологическим потребностям человека; содержание минорных (действующих негативно) компонентов пищи должно быть адекватным уровням их потребления [1]. Другие авторы определяют нутрициологию как «...новая, пограничная между диетологией и фармакологией область знаний, которая получила название нутрициология, или наука о лечении отдельными микронутриентами и их сбалансированными комплексами» [2].

Современная нутрициология тесно интегрирована с геномикой, протеомикой, метаболомикой, биоинформатикой, нанобиотехнологией, молекулярной биологией, биохимией и базируется на новейших достижениях в этих науках [3].

В рамках нутрициологии можно условно выделить два направления:

1) **общая нутрициология** — включает в себя информацию о еде, продуктах, нутриентах, их видах, сведениях о количестве пищевых веществ в продуктах и о метаболизме (витаминный, жировой, белковый и т. д.);

2) **практическая нутрициология** — практические аспекты проблемы питания, развитие различных видов заболеваний из-за неполноценного и несбалансированного питания, а также лечебное и профилактическое влияние здоровой пищи и здорового образа жизни на организм человека.

Эти направления тесно связаны и взаимодополняют друг друга.

Особенно важно подчеркнуть практическую значимость полученных студентами данных для понимания действия веществ, снижающих ценность питания — токсических и биологически активных веществ, оказывающих неблагоприятное действие на организм человека [4]. Изучение процессов обезвреживания и трансформации ксенобиотиков в процессе микросомального окисления печени является фундаментальным в понимании этого явления, тем самым способствуя актуализации, интеграции и дальнейшего развития знаний, полученных на занятиях по физиологии, биологической химии, гигиене и другим смежным дисциплинам.

#### **Заключение**

Глубокое знание биохимии необходимо будущим врачам как основа формирования компетенций в области нутрициологии, которую можно рассматривать как интеграционную дисциплину, включающую в себя знания из смежных современных научных направлений.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Погожева, А. В.* Нутрициология // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2017) / А. В. Погожева. — Режим доступа: <https://bigenc.ru/medicine/text/2280528>. — Дата доступа: 07.10.2021.
2. Роль биологически активных добавок в системе подготовки спортсменов (методическое пособие) / В. А. Курашвили [и др.] // ГУ «Центр инновационных спортивных технологий Москомспорта», 2008. — 114 с.
3. *Матальгина, О. А.* Современные научные направления в нутрициологии и их влияние на развитие рынка детских продуктов / О. А. Матальгина // Вопросы современной педиатрии. — 2010. — Т. 9, № 2. — С. 82–86.
4. *Мартинчик, А. Н.* Общая нутрициология / А. Н. Мартинчик, И. В. Маев, О. О. Янушевич. — М., 2005.
5. *Батечко, С. А.* Руководство по нутрициологии / С. А. Батечко, Н. А. Дервянко // Философия здоровья «Тяньши». — К., 2006.

**УДК [577.121.7:612.26]:616.341-091-046.55**

### **ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ УРОВНЕМ ЭНДОГЕННОГО ДЫХАНИЯ И ТОЛЩИНОЙ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА В РАЗЛИЧНЫЕ СРОКИ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ**

**Мышкова Н. С.**

**Учреждение образования**

**«Гомельский государственный медицинский университет»**

**г. Гомель, Республика Беларусь**

#### **Введение**

Слизистая тонкого кишечника является физиологическим барьером между окружающей средой и внутренней средой организма. Поэтому энтероциты по-

стоянно подвергаются воздействию чужеродных токсических веществ, что может приводить к изменению их метаболизма, структуры и, соответственно, нарушению барьерной функции кишечной слизи [1]. На ряду с этим слизистая тонкого кишечника характеризуется интенсивным кровоснабжением, оксигенацией и относится к тканям с высоким уровнем пролиферации, которая способна обеспечить непрерывное обновление энтероцитов и их внутриклеточных структур. Кишечная слизистая содержит большое количество митохондрий в различных клеточных структурах стенки и отличается высокой активностью митохондриальной дыхательной цепи и эффективной работой всех точек энергетического сопряжения и фосфорилирования [2]. Именно вследствие высокой пролиферативной активности энтероциты тонкой кишки, являются одной из основных мишеней действия ионизирующей радиации на организм. В ряде исследований показано усиление окислительных процессов в митохондриях энтероцитов в результате действия ионизирующего излучения с понижением мощности поглощенной дозы [3].

### **Цель**

Уровень эндогенного дыхания ткани считается интегральным показателем, который позволяет оценить целостность мембран, количественное соотношение внутримитохондриальных субстратов, активность транспортных систем и дегидрогеназ дыхательной цепи. Поэтому целью работы явилось изучение параметров эндогенного дыхания препаратов тонкого кишечника в разные сроки после воздействия однократного внешнего  $\gamma$ -облучения в дозе 0,5 Гр. Также были исследованы некоторые морфометрические показатели кишечной слизи: толщина слизистой оболочки (ТСО), глубина крипт, высота покровного эпителия и собственная пластинка слизистой оболочки. В данной работе рассмотрена взаимосвязь между уровнем эндогенного дыхания и толщиной слизистой оболочки тонкого кишечника в различные сроки после внешнего  $\gamma$ -облучения в дозе 0,5 Гр.

### **Материал и методы исследования**

Исследования проводились на 75 беспородных крысах самцах массой 180–200 г. Опытную группу животных однократно облучили на установке «ИГУР-1», источник  $^{137}\text{Cs}$  в дозе 0,5 Гр, мощность дозы 0,92 Гр в мин. Контрольная группа животных содержалась на стандартном рационе вивария.

При проведении экспериментов были соблюдены принципы гуманности, изложенные в директивах Европейского сообщества и Хельсинкской декларации, и требования правил проведения работ с использованием экспериментальных животных.

Животных декапитировали на 3-е, 10, 30, 40, 60 и 90 сут после облучения. Исследуемые образцы контрольных и облученных крыс получали из тонкой кишки, которую изолировали (первые 10 см от желудка), выворачивали «наизнанку», отмывали охлажденным физиологическим раствором, делили на равные отрезки (1,5–2 мм). Изучение параметров тканевого дыхания проводили полярографическим методом на устройстве Record 4 (РФ) в ячейке объемом 2 мл закрытым платиновым электродом Кларка при 25 °С [4]. Для характеристики состояния энергетического обмена исследуемой ткани определяли скорость потребления кислорода кусочками кишечника на эндогенных субстратах (Вэнд), которую выражали в нмоль атом кислорода за 1 мин на мг белка. Содержание белка в препаратах тонкого кишечника определяли биуретовым методом. Гистологические срезы, окрашенные по общепринятым методикам, исследовались современными морфометрическими программами. Статистически результаты обрабатывали с использованием непараметрических критериев (программы GraphPad Prism 4 и Excel).

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты исследования по влиянию внешнего  $\gamma$ -облучения в дозе 0,5 Гр на изучаемые параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Показатели исследования динамики изменения эндогенного дыхания препаратов тонкого кишечника и толщина слизистой оболочки в различные сроки после внешнего  $\gamma$ -облучения в дозе 0,5 Гр

Сутки после внешнего $\gamma$ -облучения в дозе 0,5 Гр	Уровень эндогенного дыхания, нмоль $O_2$ /мин*мг белка		Толщина слизистой оболочки, мм	
	контрольная группа (n = 25)	опытная группа (n = 50)	контрольная группа (n = 25)	опытная группа (n = 50)
3-и	10,08 $\pm$ 2,07	5,60 $\pm$ 1,62*	2,36	2,56
10-е		10,53 $\pm$ 2,48		2,47
30-е		9,13 $\pm$ 1,25		2,34
40-е		14,58 $\pm$ 1,09**		3,12
60-е		15,49 $\pm$ 3,27*		2,14
90-е		10,52 $\pm$ 3,29		1,75

Примечание: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$

Исследование динамики изменения  $V_{энд}$  слизистой тонкого кишечника в различные сроки после  $\gamma$ -облучения в дозе 0,5 Гр показало высокую активность митохондриальной дыхательной цепи в клетках препаратов кишечника контрольной группы животных ( $V_{энд}$  10,08  $\pm$  2,07 нмоль  $O_2$ /мин\*мг белка). Важно отметить, что данное исследование проводилось на тканевых фрагментах, показатели митохондриального окисления которых наиболее точно соответствуют условиям функционирования не поврежденного органа. Высокое значение эндогенного дыхания свидетельствует в пользу интактности препарата [5].

После радиационного воздействия отмечалось достоверное снижение скорости эндогенного дыхания кишечника на третьи сутки до 5,60  $\pm$  1,62 нмоль  $O_2$ /мин\*мг белка, которое сменялось ее нормализацией на 10 сут. Через месяц после облучения данный показатель оставался стабильным и соответствовал контрольному значению.

При этом у облученных животных наблюдалось некоторое утолщение слизистой оболочки, которое составило 2,56 мм также на третьи сутки с тенденцией к последующему снижению данного показателя в более поздние сроки после облучения, уже через месяц ТСО соответствовала контрольному значению (2,34 мм). Подобные изменения могут быть связаны с первоначальным уменьшением количества энтероцитов или собственно внутриклеточных субстратов эндогенного дыхания под действием внешнего  $\gamma$ -облучения в малой дозе. Увеличение ТСО, по-видимому, является адаптационной реакцией, необходимой для компенсации дефицита эндогенных субстратов митохондриального окисления.

В более поздние сроки после облучения — 40-е сут наблюдалась достоверная стимуляция тканевого дыхания (14,58  $\pm$  1,09 нмоль  $O_2$ /мин\*мг белка), исследуемый показатель достоверно превышал контрольное значение. Данная тенденция достигла максимума к 60-м сут (15,49  $\pm$  3,27 нмоль  $O_2$ /мин\*мг белка). В поздние сроки после облучения уровень клеточного дыхания энтероцитов на эндогенных субстратах соответствовал контрольному показателю и составлял 10,52  $\pm$  3,29 нмоль  $O_2$ /мин\*мг белка.

Максимальная толщина слизистой оболочки составила 3,12 мм на 40-е сутки после облучения, в более поздние сроки отмечалась тенденция к снижению данного показателя до 1,75 мм на 90-е сутки. Статистически достоверных отличий ТСО выявлено в эксперименте не было. Однако можно предположить, что выявленное утолщение слизистой оболочки на определенных этапах эксперимента выступает морфологическим признаком активации компенсаторно-приспособительных механизмов тонкой кишки, направленных на увеличение и усиление кишечного барьера.

### **Заключение**

Отмеченные изменения уровня эндогенного дыхания препаратов тонкого кишечника после однократного внешнего  $\gamma$ -облучения в дозе 0,5 Гр подтверждают высокую чувствительность кишечной слизистой к радиационному воздействию в малых дозах. Обнаруженные морфометрические и биохимические особенности слизистой кишечника могут возникать в результате радиационно-индуцированного изменения агрегатного состояния, проницаемости клеточных и митохондриальных мембран. Можно предположить, что острое действие ионизирующей радиации высокой мощности поглощенной дозы приводит к изменению концентрации эндогенных субстратов в митохондриальном компартменте энтероцитов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Морфометрическое исследование тонкой кишки крыс при хронической интоксикации ацетатом свинца / П. А. Елясин [и др.] // Вестник ВолгГМУ. — 2018. — № 3. — С. 69–71.
2. Пространственное распределение дыхания и окислительного фосфорилирования митохондрий по длине тонкой кишки у крыс разного возраста / Б. З. Запиров [и др.] // Физиол. журн. СССР. — 1992. — № 9. — С. 98–105.
3. Влияние ионизирующего излучения низкой мощности на состояние цепи переноса электронов митохондрий энтероцитов тонкой кишки крыс / Л. В. Грубская [и др.] // Укр. біохім. журн. — 2012. — Т. 84, № 1. — С. 45–52.
4. Руководство по изучению биологического окисления полярографическим методом / Г. М. Франк [и др.]; под общ. ред. Г. М. Франка. — М.: Наука, 1973. — 196 с.
5. Современные проблемы биохимии. Методы исследований: учеб. пособие / Е. В. Барковский [и др.]; под ред. проф. А. А. Чиркина. — Минск: Выш. шк., 2013. — 491 с.

**УДК 543.242:616-003.215+616-008.851]-073.75-092.4-092.6**

### **ПАРАМЕТРЫ РЕДОКС-СОСТОЯНИЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ И НАНОАРХИТЕКТониКИ ПОВЕРХНОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЦЕЛЬНОЙ КРОВИ КРЫС РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ IN VITRO**

**Стародубцева М. Н.<sup>1,2</sup>, Челнокова И. А.<sup>2</sup>, Шклярова А. Н., Шаховская О. Н.<sup>2</sup>, Цуканова Е. В.<sup>2</sup>, Егоренков Н. И.<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Учреждение образования**

**«Гомельский государственный медицинский университет»,**

**<sup>2</sup>Государственное научное учреждение**

**«Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»**

**г. Гомель, Республика Беларусь**

### **Введение**

Окислительно-восстановительные процессы (редокс-сигнализация, редокс-регуляция и др.) играют важную роль в формировании ответа клеток на действие ионизирующего излучения. Параметры текущего редокс-состояния клеток и их микроокружения связаны со свойствами клеток, их жизнедеятельностью и способностью к выполнению их функций. Устойчивость к механическому стрессу и высокая степень деформируемости являются важными чертами эритроцитов крови. Ионизирующее излучение вызывает образование свободных радикалов, активных форм кислорода и азота, изменяет структуру низкомолекулярных антиоксидантов и функции ферментов антиокислительной системы, что инициирует каскады реакций, приводящих к изменению мембранного скелета и механических свойств эритроцитов.

### **Цель**

Сравнительный анализ характера зависимости параметров редокс-состояния плазмы крови и структурных свойств поверхности эритроцитов при облучении цельной крови крыс рентгеновским излучением in vitro с дозами от 0,5 до 200 Гр.